

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 55-044949

(43)Date of publication of application : 29.03.1980

(51)Int.Cl.

G01M 11/00

G01N 21/41

(21)Application number : 53-118414

(71)Applicant : NIPPON SHEET GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 25.09.1978

(72)Inventor : YAMAMOTO NOBORU

IGA KENICHI

OSHIMA SHIGERU

NISHIZAWA KOICHI

(54) MEASUREMENT OF REFRACTIVE INDEX DISTRIBUTION OF CYLINDRICAL LENS
HAVING REFRACTIVE INDEX GRADIENT

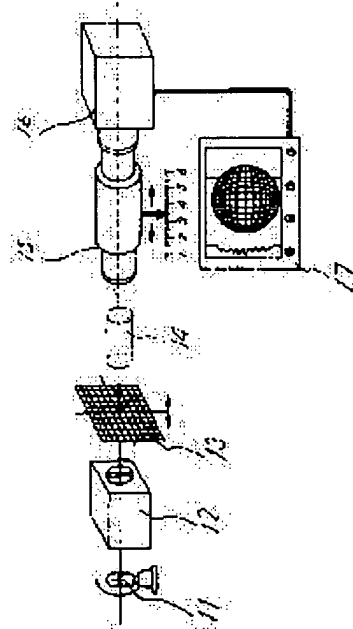
(57)Abstract:

PURPOSE: To measure the aberration simply and promptly from the distortion aberration and the curvature of field of the image of a standard pattern, which is focused through a lens medium to be tested.

CONSTITUTION: A white light source 11 is adjusted to have a monochroic light by a monochromator 12, and a grating fringe 13 is focused through a lens medium 14 to be tested so that the focused image is observed by

means of a microscope 15 which has its focal plane (for observation) in the direction of the optical axis. A TV camera 16 is connected with the microscope so that the image pattern is observed by means of a monitor TV set 17. A brightness distribution along the scanning line in the vertical direction appears as the pattern on the

monitor TV so that the most clear image may be attained. Thus, the aberration is determined from the distortion aberration and the curvature of field.



LEGAL STATUS

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭55—44949

⑪ Int. Cl.³
G 01 M 11/00
G 01 N 21/41

識別記号

庁内整理番号
2122—2G
7458—2G

⑬ 公開 昭和55年(1980)3月29日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 8 頁)

⑭ 屈折率勾配を有する円柱状レンズの屈折率分布の測定方法

横浜市緑区長津田町4259東京工業大学精密工学研究所内

⑮ 特 願 昭53—118414

⑯ 発 明 者 大島茂

⑰ 出 願 昭53(1978)9月25日

横浜市緑区長津田町4259東京工業大学精密工学研究所内

特許法第30条第1項適用 昭和53年3月29日
電子通信学会総合全国大会において発表

⑰ 発 明 者 西沢紘一

⑱ 発 明 者 山本昇

川西市荻原台東1丁目215

横浜市緑区長津田町4259東京工業大学精密工学研究所内

⑲ 出 願 人 日本板硝子株式会社

大阪市東区道修町4丁目8番地

⑳ 発 明 者 伊賀健一

㉑ 代 理 人 弁理士 大野精市

明 細 書

1. 発明の名称

屈折率勾配を有する円柱状レンズの屈折率分布の測定方法。

2. 特許請求の範囲

式(1)で近似される屈折率分布(ただし n および g は既知)と長さ b を有する円柱状レンズの入射面から距離 a はなれ光軸から x_0 の距離にある物点を置き、この物点からレンズに入射した光が出射端面から距離 $0 < (z + \delta)$ だけ離れた像面と点 x_p で交わるとき、 a 、 b 、 c 、 x_p 、 x_0 の値を式(1)の n に代入することにより式(1)中の定数 k_4 を求めることを特徴とする屈折率勾配を有する円柱状レンズの屈折率分布の測定方法。

$$n^2(r) = n^2 \left[1 - (gr)^2 + k_4 (gr)^4 \right] \dots (1)$$

$$x_p = n x_0 + n H k_4 g^2 x_0^3 \dots (2)$$

$$k_2 = \frac{\{2A k^2 + B(1+k^2)\}^2}{3\{3A(1+k^2)\}^2} - B k^2$$

$$- \frac{E}{D} \left[\frac{\{2A k^2 + B(1+k^2)\}^2}{3A(1+k^2)} - (A+2B)k^2 \right] \dots (3)$$

$$k = \frac{1}{g a n} \dots (4)$$

$$A = 2 \sin^2 g b + \left(k + \frac{1}{k}\right) g b - \left(k - \frac{1}{k}\right) \sin g b \cos g b \dots (5)$$

$$B = \sin^2 g b + k g b - k \sin g b \cos g b \dots (6)$$

$$D = 2 \sin^2 g b - \left(k - \frac{1}{k}\right) \sin g b \cos g b - 1 \dots (7)$$

$$E = \sin^2 g b - k \sin g b \cos g b - 1 \dots (8)$$

$$H = -\frac{3}{4} \left(k_4 - \frac{2}{3}\right) \dots (9)$$

(/)

(2)

1. 発明の詳細な説明

本発明は、中心軸からの距離の J 乗にほぼ比例して次第に減少する屈折率分布を有する円柱状レンズ状媒質の屈折率分布を測定する方法に関するものである。

近年ビデオディスク装置などのように記録媒質を高密度で記録されている情報をレーザ光などで読み出す装置が開発されているが、この場合レーザ光を微小なスポットに集光させる目的や、レーザダイオードから発光するレーザ光をコリメートし、細い平行ビームを作る目的などにレンズ状媒質を応用するという提案がなされてきた。

レンズ状媒質は通常の球面レンズ系に比して、小型軽量という特徴をもち、更に平面研磨でレンズになるため、量産性にすぐれ、低価格化が期待できるなど、技術的、経済的に大きな効果をもつとされている。

これらの目的を満足させるためのレンズ状媒質の屈折率分布は厳密なコントロールが必要である。

たとえば、レンズ状媒質の中心軸から半径方向

(J)

である r_0 をコントロールしなければならないことがわかる。

従来このような円柱状レンズ状媒質の屈折率分布を測定する方法としては、中心軸に対して直角方向に切開研磨した薄片試料を干渉顕微鏡で観察し薄片試料を透過してくる光線の位相差から、半径方向の屈折率を測るものであった。最近是非線形的に円柱状レンズ状媒質を中心軸に直角に光線を透過させ、干渉顕微鏡下で観察し媒質中の屈折率分布を求める方法も提案されている。いずれの場合も精度は高いが、前者の場合は測定試料を作成することが困難であり、後者の場合は屈折率分布の計算に時間がかかるなどの欠点があった。またレンズ状媒質はその量産性に大きな特徴をもっている反面、光学特性の厳密なコントロールを必要とする面あり、四次項収差の量をオンラインで迅速に測定する方法が切望されていた。

すなわち四次項収差量について全数検査が迅速に、かつ低コストでできる方法があれば、レンズ状媒質の量産性の特徴は生かされ、従来の球面レ

(J)

特開 昭55-44949 (2)

の距離 r における屈折率分布 $n(r)$ は式(1)のように近似させることができる。

$$n(r) = n^2 \left\{ 1 - (gr)^2 + R_4 (gr)^4 \right\} \quad \text{---(1)}$$

ただし、 n は中心軸上の屈折率、 g 、 R_4 は常数である。

いま、レンズ状媒質にその光軸に平行に入射させた光をレンズの出射端面上にスポットを結ばせたい時には R_4 を $2/3$ にしなければならない。

またスポットを出射端面より z の位置に結像させたい時には R_4 は次の式(2)を満足しなければならない。

$$R_4 = \frac{2}{3} \left[1 + \frac{2N^2 - \left\{ g^2 L^2 N^2 + \left(\frac{N}{n(\phi)} \right)^2 \right\} g L N}{\left\{ g^2 L^2 N^2 \left(\frac{N}{n(\phi)} \right)^2 + 1 \right\} g z \left(\frac{N}{n(\phi)} \right) + g L N} \left\{ g^2 L^2 N^2 + \left(\frac{N}{n(\phi)} \right)^2 \right\} \right] \quad \text{---(2)}$$

但し、 L はレンズ状媒質の長さ、 n は中心軸上の屈折率、 N はレンズ周辺の屈折率である。

逆に点光源（レーザダイオードの発光）を平行ビームにコリメートする場合も同様である。

以上の如く、集束用ないしコリメート用のレンズとしてレンズ状媒質を用いる場合、四次の係数

(4)

レンズの組合せタイプの光学系に匹敵する光学特性をもつレンズ状媒質の大量生産が可能となる。

本発明はレンズ状媒質によって得られる像の収差に第1と簡単に迅速な収差測定を提供するものである。

式(1)であらわされるレンズ状媒質の屈折率分布の4次項まで考えると、この係数 R_4 によって結像した像の収差が生ずる。

本発明は一定間隔の格子線などの標準パターンなどの物体の像を被験レンズ状媒質を通して結像させ、その歪曲収差、像面湾曲などから R_4 の値を測定しようとするものである。

第1図のようにレンズ状媒質（集束形ファイバレンズ）に対して x 、 y 、 z 軸を考え（但し z 軸はレンズ状媒質の光軸に一致） x 、 y 面内での子午面光線を考える。

まず長さ L のレンズ状媒質から距離 z_0 だけ離れた所に物体 J を置き、光軸から x_0 の高さの物点から出た光が、 x_1 で入射し、レンズ状媒質から出射後、距離 z で z_0 だけ離れた像面 J' と x_2 で交わ

(4)

るとする。

収差がない時には物体Jの像は出射面から距離
だけ離れた、軸に直交の平面の像面上にでき、
入射位置 x_1 によらず $x_2 = mx_1$ で交わる。(但し m は
理論上の倍率である。)

次に屈折率分布が無収差の理想分布から、ずれ
ると第4図および第5図に示すように理想像面J
からずれた両曲面I上に最も鮮明な像Jが得られ
る。このとき x 方向での像の収差 ($x_p = mx_0$)、
および、 y 方向での像の収差 y_p は次式(4)となる。

$$g(x_p - mx_0) = mH \left\{ K_1 \{ g x_1 - d g x_0 \}^2 + K_2 (g x_0)^2 \right\} \quad (4)$$

$$c d = c H K_3 (g x_0)^2 \quad (5)$$

ただし

$$H = -\frac{3}{4} \left(R_4 - \frac{2}{3} \right) \quad (6)$$

$$K_1 = A(1+k^2) \quad (7)$$

$$K_2 = \frac{\{2AR^2 + B(1+k^2)\}^2}{3\{3A(1+k^2)\}^2} - Bk^2$$

$$- \frac{E}{D} \left\{ \frac{\{2AR^2 + B(1+k^2)\}^2}{3A(1+k^2)} - (A+2B)k^2 \right\} \quad (8)$$

(7)

たとえば物体距離 m を $1/2$ とした場合につ
いて、レンズ状態質の長さを変化させた時のレン
ズ長さに対する各収差係数、理想像面距離 m 、倍
率 m の変化は第6図に示すようになる。
図からレンズ長さ g が $3/4, 1/2, 1/4$ なる蛇
行ピッチの所で像の歪曲が除去でき、像面の両
曲面が最小に近くなり、像面は出射面附近にでき
ることなどがわかる。

次に歪曲収差について説明する。

式(4)の右辺の第1項を零とするような光線(ボ
ケを伴う点像の中心を通る光線)を考えると式(4)
は次のようになる。

$$x_p = mx_0 + mH K_2 g^2 x_0^2 \quad (9)$$

4次係数パラメーター H と歪曲収差の強度を表わ
す係数 K_2 との積 $H K_2$ が零の時は $x_p = mx_0$ となり
第4図に示すように一定間隔の格子縞を物体と
したときその像は元と同様の形であり歪はない。
しかし $H K_2 < 0$ の時には x_0 の大きい外側の格子
縞など大きく変位するので格子縞パターン像は第

$$K_3 = \frac{1}{D} \left\{ \frac{\{2AR^2 + B(1+k^2)\}^2}{3A(1+k^2)} - (A+2B)k^2 \right\} \quad (10)$$

$$d = \frac{2AR^2 + B(1+k^2)}{3A(1+k^2)} \quad (11)$$

$$k = \frac{1}{g a m} \quad (12)$$

$$A = 2 \sin^2 g b + \left(k + \frac{1}{k}\right) g b - \left(k - \frac{1}{k}\right) \sin g b \cdot \cos g b \quad (13)$$

$$B = \sin^2 g b + k g b - k \sin g b \cdot \cos g b \quad (14)$$

$$D = 2 \sin^2 g b - \left(k - \frac{1}{k}\right) \sin g b \cdot \cos g b - 1 \quad (15)$$

$$E = \sin^2 g b - k \sin g b \cdot \cos g b - 1 \quad (16)$$

ここで k_1 は像のボケの大きさを表わし、 k_2 は
像の歪曲の大きさと変形の状態を示し、 k_3 は像
面の両曲面の大きさとその方向を示す。 d は分布収
差を受けない光線の入射位置を示す。

式(4)の右辺の第1項は、像のボケを与える。こ
れは x_0 がゼロとなる光軸上の物点についても存
在するのでこれは通常のレンズの球面収差に相当
する。

(8)

4図に示すように理想となる。 $H K_2 > 0$ のとき
は逆に第5図に示すように理想となる。

次に像面両曲面について説明する。

式(4)において4次係数パラメーター H と像面両
曲面の強度を表わす係数 K_3 との積 $H K_3$ がゼロのとき
 $c d = 0$ となり第5図に示すように像面は平面と
なる。

しかし $H K_3 < 0$ のとき $c d < 0$ となり第5図に
示すように光線の進行(x 軸の正方向)とは逆の
向きに開いた両曲した像面となる。 $H K_3 > 0$ のと
きは逆に第5図に示すように光線の進行方
向に開いた両曲した像面となる。

ここでレンズ状態質の長さを蛇行ピッチ ($2\pi/g$)
の $1/4, 1/2, 3/4, 1$ とした時の像の状態を表に
まとめる。

たとえば長さが $1/4$ 蛇行ピッチのとき、側立の
実像ができ、分布の4次項係数 k_4 が $2/3$ より小
さい場合は無理の像となり両曲面は光線の進行方
向とは逆向きに開いている。

(10)

(9)

そこで本発明による収差測定法について説明する。第4図に示すように物体すなわち被測する標準パターンとしては一定間隔 Δl の格子縞 γ を用いる。光軸上の格子縞 γ に注目し、長さ b のレンズ γ の入射端面と物体との距離 a を変えて格子縞の像 γ' が最も鮮明になるような結像位置 a' を測定する。これを何回か繰返すことにより結像関係式(17)、(18)

$$\frac{c}{a} = \frac{\sin \theta b}{g a n} + \cos \theta b \quad (17)$$

$$m = \frac{1}{-g a n \sin \theta b + \cos \theta b} \quad (18)$$

から a および m の値を求める。ただし n はあらかじめ測定しておく。 a および m の値は他の公知の方法で測定してもよい。

次に a を一定として例えば a_0 である γ 番目の格子縞 $(+\gamma)$ に注目してその最も鮮明な像が得られるように観察平面を理想像面から動かしてこの時の理想像面からの移動量 δ と γ 番目の格子縞 $(+\gamma')$

(11)

蛇行ピッチ)、直径 ϕ のプラスチック製屈折勾配円柱レンズの屈折率分布四次係数 b_4 を格子縞間隔 γ の標準パターンを用いて測定した。

パターンとレンズ端面との距離を 7.87 mm ($a_0 = a$ になるようにした)としたところ、像面距離 $c = 0.67 \text{ mm}$ であった。そして $x_0 = 5.00 \text{ mm}$ としたところ $x_p = 0.80 \text{ mm}$ であった。これらの値を式(17)、(18)に代入して、 $m = -0.25$ および $b_4 = -1.77$ が得られた。なお干渉法で測定した b_4 の値は -2.5 であった。

表

長さ(蛇行ピッチ)	$\frac{1}{4}L_p$	$\frac{1}{2}L_p$	$\frac{3}{4}L_p$	L_p
像	実像	虚像	実像	虚像
像の向き	倒立	倒立	正立	正立
$b_4 > \frac{2}{3}$	歪曲収差	糸巻型	棒型	糸巻型
	像面湾曲			
$b_4 < \frac{2}{3}$	歪曲収差	棒型	糸巻型	棒型
	像面湾曲			

$$\gamma \text{ 蛇行ピッチ } L_p = \frac{2\pi}{\theta}$$

(13)

の高さ x_p を測定する。

そして $a, b, c, x_0, x_p, m, s, n$ の値を歪曲収差に関する式(19)、(20)~(25)に入れば分布の4次項係数 b_4 を求めることができる。また a, b, c, x_0, s, θ を像面湾曲に関する式(26)、(27)~(29)に代入しても b_4 の値を求めることができる。

この収差試験に用いる収差測定装置の概略図を第7図に示す。白色光源 γ をモノクロメーター γ' で単色化し格子縞 γ を被験レンズ状態 γ'' で結像させ、その像を光軸方向に焦点面(観察面)を移動できる顕微鏡 γ''' で観察する。顕微鏡にはテレビカメラ γ'''' を接続し像のパターンをモニターテレビ γ''''' で観察する。モニターテレビ上のパターンを縦方向のスキヤニングラインに沿った輝度分布が表われ、最も鮮明な像の位置を決定することができる。

次に本発明を実施例について説明する。

中心軸における屈折率 $n = 1.45$, 屈折率分布二次係数 $s = 0.3/\text{mm}^{-1}$, 長さ $b = 5.00 \text{ mm}$ (γ)

(12)

4. 図面の簡単な説明

第1図および第2図はそれぞれ屈折率勾配型レンズによる像の収差を説明する側面図および斜視図、第3図は上記レンズの長さ b と各収差係数、基準化像面距離、倍率との関係を示すグラフ、第4図および第5図はそれぞれ歪曲収差と像面湾曲を説明する図面、第6図は本発明の一実施例を示す側面図、第7図は本発明を実施するための装置の一例を示す斜視図である。

1, 18 屈折率勾配を有する円柱レンズ

2, 13, 21 物体

3, 7, 22 像

特許出願人 日本板硝子株式会社
代理人 弁理士 大野 精 市

(14)

図 1

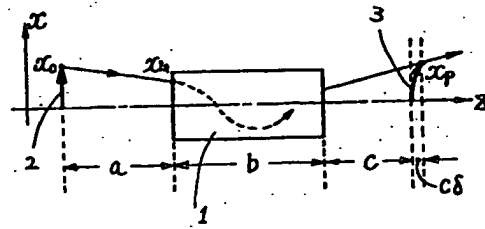


図 2

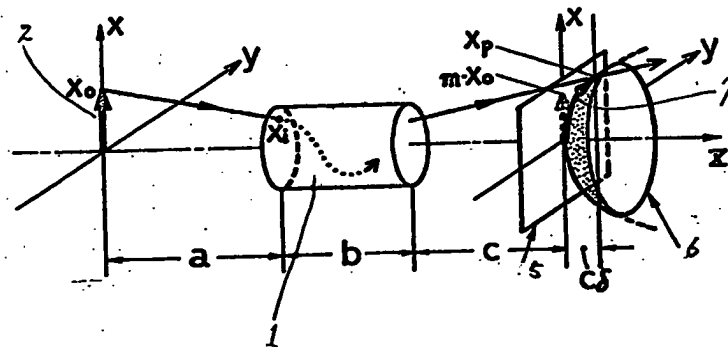
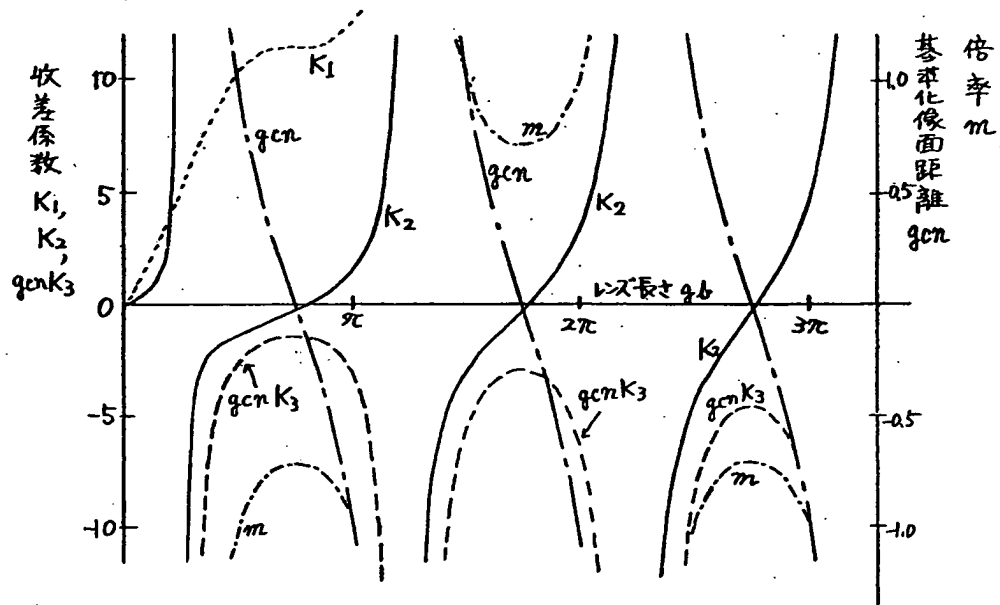
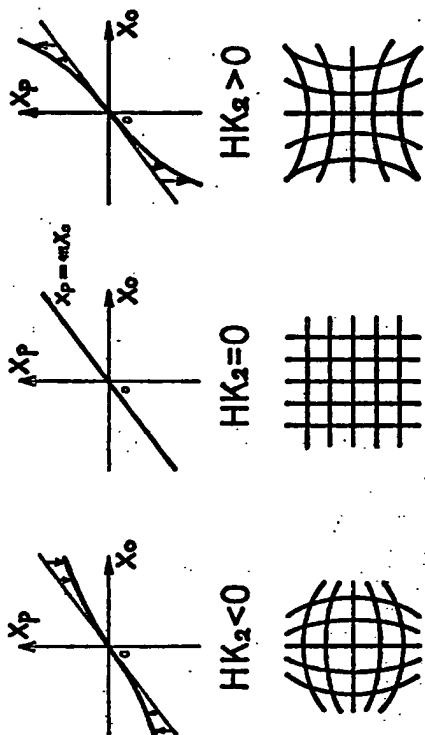


図 3



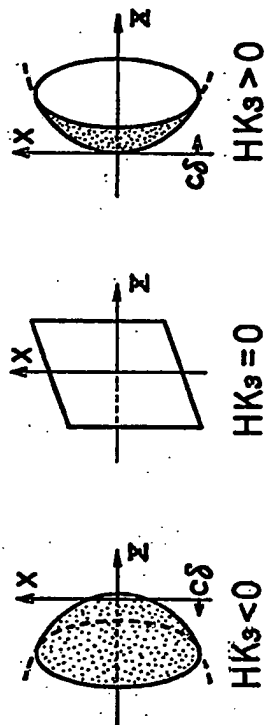


(a)

(b)

(c)

★ 4 図



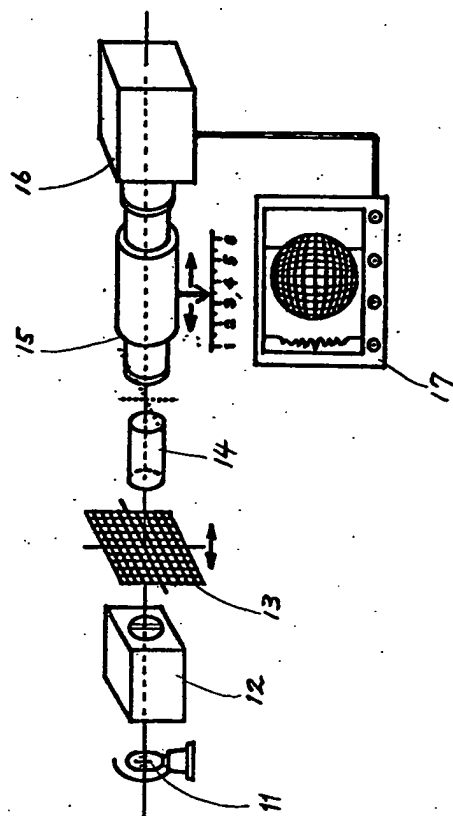
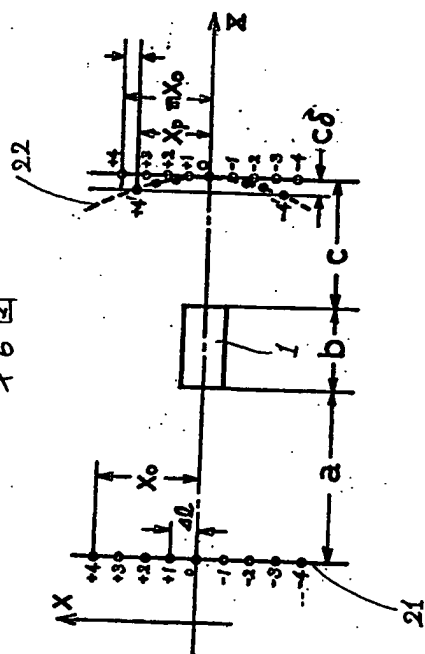
(a)

(b)

(c)

★ 5 図

★ 6 図



★ 7 図

手続補正書

昭和 53 年 10 月 3 日

特許庁長官殿

1. 事件の表示

昭和 53 年 9 月 25 日提出の特許願

2. 発明の名称

屈折率勾配を有する円柱状レンズの屈折率分布の測定方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 大阪府大阪市東区道修町 4 丁目 8 番地

名 称 (400) 日本板硝子株式会社

代表者 菅 沼 俊 彦

4. 代理人

住所 大阪市東区道修町 4 丁目 8 番地

日本板硝子株式会社内

氏名 弁理士 (4908) 大 野 精 市

5. 補正命令の日付

自 発

6. 補正の対象

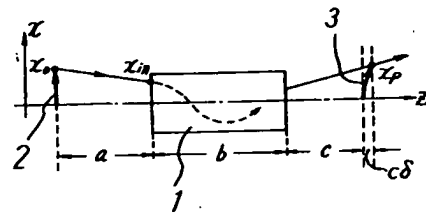
図 面

7. 補正の内容

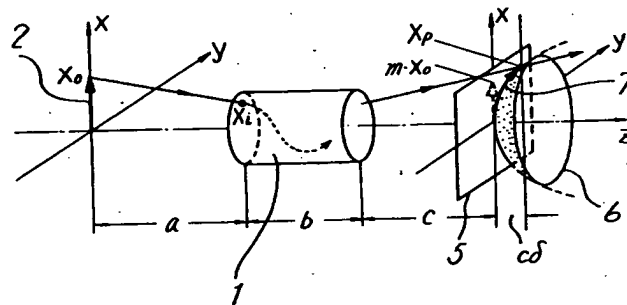
別紙の通り



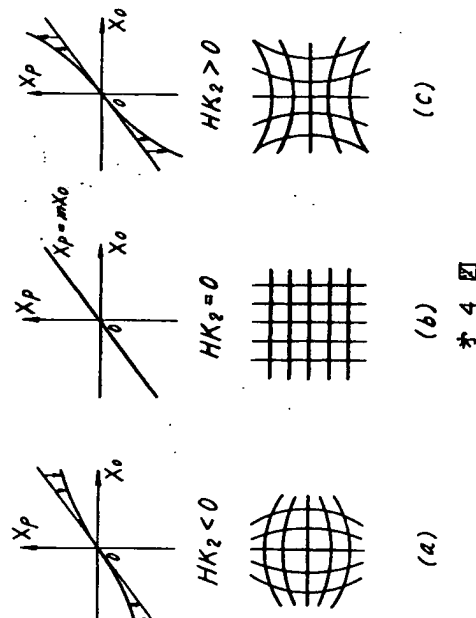
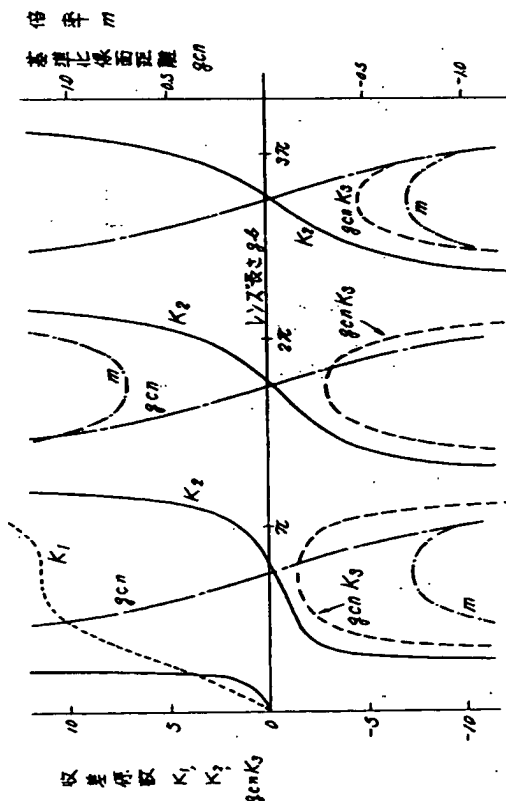
オ 1 図

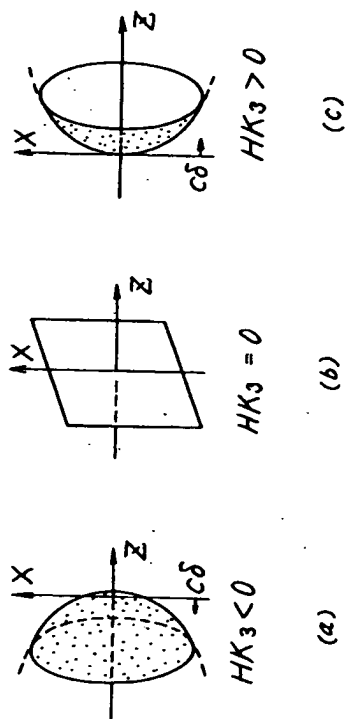


オ 2 図



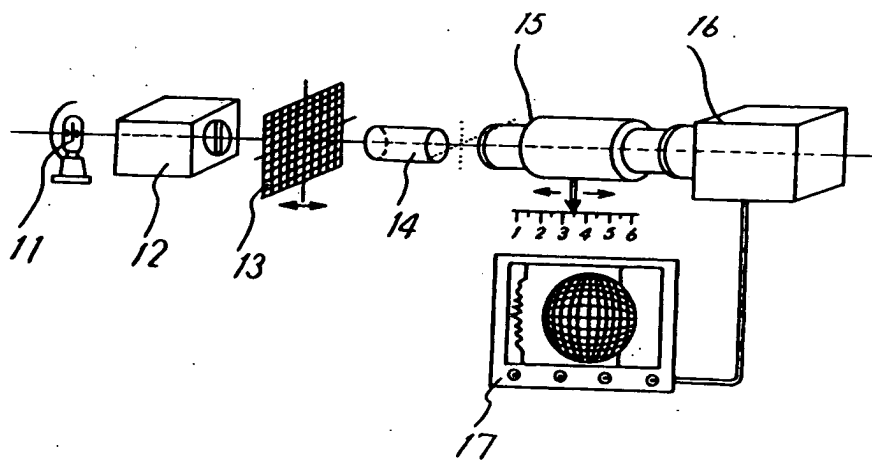
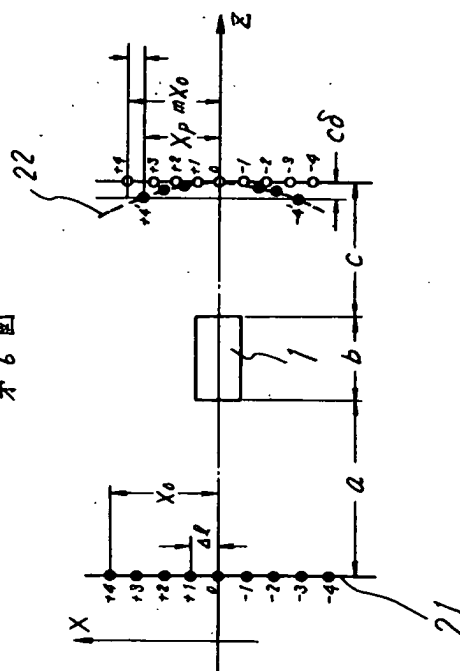
オ 3 図





才 5 図

才 6 図



才 7 図